

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-018861

(43)Date of publication of application : 17.01.2003

(51)Int.Cl.

H02M 7/48
H01L 23/34
H02M 1/00
// H02M 7/04

(21)Application number : 2001-195262

(71)Applicant : NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 27.06.2001

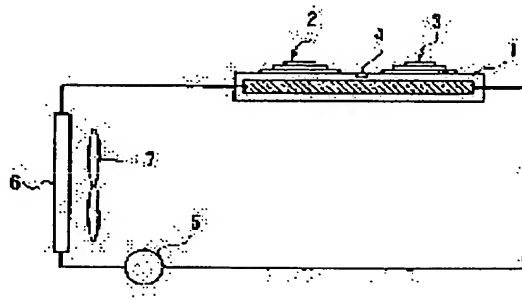
(72)Inventor : TAKEDA YASUSHI

(54) COOLING CONTROLLER OF INVERTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To highly precisely calculate temperatures of junctions of power semiconductor devices of which a plurality of inverters are composed even if a single thermosensor is provided for the plurality of inverters.

SOLUTION: Operations of switching devices SW included in inverters 2 and 3 are controlled to drive motors 12 and 13. At that time, temperatures of the inverters 2 and 3 are detected by a single thermosensor 4 to generate temperature detection signals, estimated temperature information for estimating temperatures of junctions of the switching devices SW included in the respective inverters 2 and 3 is generated according to the temperature detection signals and the control states of the inverters, the temperatures of the junctions of the switching devices SW of which the respective inverters 2 and 3 are composed are calculated, and the operations of a water pump 5 and a radiator fan 7 and currents supplied to the motors 12 and 13 are controlled.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.09.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-18861

(P2003-18861A)

(43) 公開日 平成15年1月17日 (2003.1.17)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テ-マ-ド (参考)

H 0 2 M 7/48

H 0 2 M 7/48

Z 5 F 0 3 6

H 0 1 L 23/34

H 0 1 L 23/34

D 5 H 0 0 6

H 0 2 M 1/00

H 0 2 M 1/00

R 5 H 0 0 7

// H 0 2 M 7/04

7/04

C 5 H 7 4 0

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2001-195262 (P2001-195262)

(22) 出願日

平成13年6月27日 (2001.6.27)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 武田 靖

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外8名)

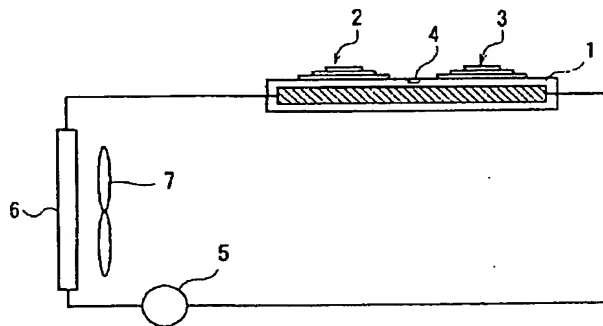
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インバータの冷却制御装置

(57) 【要約】

【課題】 複数のインバータを有し、複数のインバータに対して単一の温度センサを配設した場合でも、各インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を精度良く演算する。

【解決手段】 インバータ2, 3に含まれるスイッチング素子SWの動作を制御してモータ12, 13を駆動しているときに、インバータ2, 3の温度を単一の温度センサ4により検出して温度検出信号を生成し、温度検出信号とインバータ制御状態に基づいて各インバータ2, 3に含まれるスイッチング素子SWの接合部分温度を推定した温度推定情報を生成すると共に、各インバータ2, 3を構成するスイッチング素子SW接合部分温度を演算して、ウォーターポンプ5及びラジエータファン7の動作、及びモータ12, 13に供給する電流値を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の電力用半導体素子を一組として構成されるインバータと、この一組のインバータによって駆動される負荷とからなる負荷駆動装置を複数群備えると共に、前記複数組のインバータを構成する電力用半導体素子を冷却する冷却手段とを備えたインバータの冷却制御装置であって、

前記複数組のインバータを構成する電力用半導体素子を接合する基板と、

前記複数組のインバータを構成する電力用半導体素子を制御する素子制御手段と、

基板上に配設され、温度を検出する温度検出手段と、前記素子制御手段による電力用半導体素子の制御状態と、前記温度検出手段により検出された温度とに基づいて、各組のインバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を、それぞれ推定する温度推定手段とを備えたことを特徴とするインバータの冷却制御装置。

【請求項2】 請求項1記載のインバータの冷却制御装置において、

前記温度推定手段は前記温度検出手段で検出されたインバータの温度と、前記冷却手段により冷却される冷却媒体と、前記複数組のインバータの熱抵抗とを熱モデル化して、前記各組のインバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を推定することを特徴とするインバータの冷却制御装置。

【請求項3】 請求項2記載のインバータの冷却制御装置において、

前記各組インバータの電力用半導体素子の接合部分と前記温度検出手段との間の熱抵抗、前記各組インバータの電力用半導体素子の接合部分と前記冷却手段との間の熱抵抗、前記温度検出手段と前記冷却手段との間の熱抵抗を熱モデル化して、前記各組インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を推定することを特徴とするインバータの冷却制御装置。

【請求項4】 請求項1～請求項3の何れかに記載のインバータの冷却制御装置において、

前記冷却手段は、冷却媒体が流れることで、前記電力用半導体素子を冷却するものであって、前記冷却手段の冷却媒体の冷却温度を制御する駆動手段を有し、

前記温度推定手段によって推定された接合部分温度が所定値以上の場合には前記駆動手段を駆動させ冷却温度が低くなるように制御することを特徴とするインバータの冷却制御装置。

【請求項5】 請求項4記載のインバータの冷却制御装置において、

前記駆動手段は、前記冷却手段の冷却媒体の流速を変更するポンプを駆動させるものであり、

前記ポンプの回転数を変更することによって、冷却媒体の冷却温度を制御することを特徴とするインバータの冷

却制御装置。

【請求項6】 請求項4記載のインバータの冷却制御装置において、

前記駆動手段は、前記冷却手段の冷却媒体を風速で冷却するラジエータファンを駆動させるものであり、

前記ラジエータファンの回転数を変更することで冷却媒体の冷却温度を制御することを特徴とするインバータの冷却制御装置。

【請求項7】 請求項1～請求項3の何れかに記載のインバータの冷却制御装置において、

前記温度推定手段によって検出された接合部分温度が所定値以上の場合には、前記負荷へ供給する電流を制限することを特徴とするインバータの冷却制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばモータ等の複数の負荷を複数のインバータで駆動するシステムにおけるインバータを冷却するためのインバータの冷却制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、モータ等の負荷を駆動するインバータの冷却制御装置として、特開平7-735731号公報、特開平7-143615号公報に開示されているものがある。これらの従来技術においては、インバータの冷却器近傍に温度センサを配設し、この温度センサにより検出された冷却器の温度から電力用半導体素子の損失（発熱量）を演算し、冷却器の温度及び電力用半導体素子の損失に基づいて電力用半導体素子を基板と接合する接合部分温度を演算し、接合部分温度に基づいて負荷回路に供給する電流値や、冷却器に冷却水を流すためのウォータポンプのオンオフや、冷却水を冷却するためのラジエータファンのオンオフを制御するようにしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】近年、負荷駆動システムとしては、複数のモータを複数のインバータで制御する技術、例えば車両を駆動する第1モータを第1インバータで駆動させると共に、発電を行う第2モータを第2インバータを駆動するものが開発されている。

【0004】このような負荷駆動システムでは、第1モータと第2モータとの駆動状態が異なるために第1インバータと第2インバータに流れる電流値が異なる。したがって、第1インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度と第2インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度とが異なる。

【0005】一方、負荷駆動システムのコスト削減の観点から、各インバータについて設けていた温度センサを単一のものにすることが望ましい。

【0006】このように単一の温度センサで2つのインバータについての接合部分温度を演算する手法として

は、例えば温度センサを第1インバータと第2インバータとのいずれかのインバータ近傍に配設することが考えられる。この場合には、温度センサが配設されているインバータの接合部分温度は正確に演算することができるが、温度センサが配設されていないインバータの接合部分温度を精度良く演算することができない。

【0007】また、単一の温度センサを2つのインバータの略中間位置に配設した場合には、温度センサの検出値がそれぞれのインバータの発熱に影響され、各インバータの接合部分温度を精度良く演算することができない。

【0008】すなわち、2つのインバータの接合部分温度を精度良く演算することができないため、接合部分温度に対し、フェールセーフとして電流、ウォータポンプやラジエータファンに余裕を持たせた制御を行う必要があり、ウォータポンプやラジエータファンの作動頻度が多くなり、電力消費や騒音が大きくなるという問題があった。

【0009】そこで、本発明は、上述した実情に鑑みて提案されたものであり、複数のインバータを有し、複数のインバータに対して単一の温度センサを配設した場合でも、各インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を精度良く演算することができるインバータの冷却制御装置を提供するものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1に係る発明では、上述の課題を解決するために、複数の電力用半導体素子を一組として構成されるインバータと、この一組のインバータによって駆動される負荷とからなる負荷駆動装置を複数群備えと共に、前記複数組のインバータを構成する電力用半導体素子を冷却する冷却手段とを備えたインバータの冷却制御装置であって、前記複数組のインバータを構成する電力用半導体素子を接合する基板と、前記複数組のインバータを構成する電力用半導体素子を制御する素子制御手段と、基板上に配設され、温度を検出する温度検出手段と、前記素子制御手段による電力用半導体素子の制御状態と、前記温度検出手段により検出された温度とに基づいて、各組のインバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を、それぞれ推定する温度推定手段とを備えた。

【0011】請求項2に係る発明では、請求項1記載のインバータの冷却制御装置において、前記温度推定手段は前記温度検出手段で検出されたインバータの温度と、前記冷却手段により冷却される冷却媒体と、前記複数組のインバータの熱抵抗とを熱モデル化して、前記各組のインバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を推定する。

【0012】請求項3に係る発明では、請求項2記載のインバータの冷却制御装置において、前記各組インバータの電力用半導体素子の接合部分と前記温度検出手段と

の間の熱抵抗、前記各組インバータの電力用半導体素子の接合部分と前記冷却手段との間の熱抵抗、前記温度検出手段と前記冷却手段との間の熱抵抗を熱モデル化して、前記各組インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を推定する。

【0013】請求項4に係る発明では、請求項1～請求項3の何れかに記載のインバータの冷却制御装置において、前記冷却手段は、冷却媒体が流れることで、前記電力用半導体素子を冷却するものであって、前記冷却手段の冷却媒体の冷却温度を制御する駆動手段を有し、前記温度推定手段によって推定された接合部分温度が所定値以上の場合には前記駆動手段を駆動させ冷却温度が低くなるように制御する。

【0014】請求項5に係る発明では、請求項4記載のインバータの冷却制御装置において、前記駆動手段は、前記冷却手段の冷却媒体の流速を変更するポンプを駆動させるものであり、前記ポンプの回転数を変更することによって、冷却媒体の冷却温度を制御する。

【0015】請求項6に係る発明では、請求項4記載のインバータの冷却制御装置において、前記駆動手段は、前記冷却手段の冷却媒体を風速で冷却するラジエータファンを駆動させるものであり、前記ラジエータファンの回転数を変更することで冷却媒体の冷却温度を制御する。

【0016】請求項7に係る発明では、請求項1～請求項3の何れかに記載のインバータの冷却制御装置において、前記温度推定手段によって検出された接合部分温度が所定値以上の場合には、前記負荷へ供給する電流を制限する。

【0017】

【発明の効果】請求項1に係る発明によれば、素子制御手段による電力用半導体素子の制御状態と、温度検出手段により検出された温度とに基づいて、各組のインバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を、それぞれ推定するので、各インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を精度良く演算することができる。

【0018】請求項2に係る発明によれば、温度推定手段は温度検出手段で検出されたインバータの温度と、冷却手段により冷却される冷却媒体と、複数組のインバータの熱抵抗とを熱モデル化して、各組のインバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を推定するので、各インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を精度良く演算することを実現できる。

【0019】請求項3に係る発明によれば、各組インバータの電力用半導体素子の接合部分と温度検出手段との間の熱抵抗、各組インバータの電力用半導体素子の接合部分と冷却手段との間の熱抵抗、温度検出手段と冷却手段との間の熱抵抗を熱モデル化して、各組インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を推定するの

で、請求項2に係る発明と同様に、各インバータを構成する電力用半導体素子の接合部分温度を精度良く演算することを実現できる。

【0020】請求項4に係る発明によれば、温度推定手段によって推定された接合部分温度が所定値以上の場合には駆動手段を駆動させ冷却温度が低くなるように制御するので、駆動手段の駆動の開始を従来よりも高い温度にすることができ、よって駆動手段の作動頻度を低減することができるので、例えば消費電力を少なくできる。

【0021】請求項5及び請求項6に係る発明によれば、請求項4に係る発明と同様の効果を発揮することができる。

【0022】請求項7に係る発明によれば、温度推定手段によって検出された接合部分温度が所定値以上の場合には、負荷へ供給する電流を制限するので、正確な電力用半導体素子の温度に基づいて、負荷への電流を制限するために、不必要に負荷の出力が制限されることが少なくなる。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【0024】本発明は、例えば図1及び図2に示すように構成されたモータ駆動システムに適用される。

【0025】【モータ駆動システムの構成】モータ駆動システムは、図1に示すように、単一の冷却器1上にそれぞれ独立して動作する第1インバータ2及び第2インバータ3を形成し、任意の位置に設けた温度センサ4で検出したインバータ温度に基づいて、冷却媒体をウォータポンプ5によりラジエータ6、冷却器1の順に循環させると共に、ラジエータファン7を駆動することでラジエータ6を通過する冷却媒体温度を調整して第1インバータ2及び第2インバータ3を冷却する。第1インバータ2及び第2インバータ3は、シリコンチップに6個のパワートランジスタ（後述するスイッチング素子SW）が形成されることで構成されている。なお、本例では、温度センサ4を第1インバータ2と第2インバータ3との間に設けた場合について説明する。

【0026】図2に、モータ駆動システムの回路構成を示す。このモータ駆動システムは、直流電源11に第1インバータ2が接続され、第1インバータ2と第2インバータ3とが接続されることで、直流電源11は第1インバータ2及び第2インバータ3に直流電圧を供給する。

【0027】また、このモータ駆動システムは、第1インバータ2に第1モータ12を接続すると共に、第2インバータ3に第2モータ13を接続し、更に第1インバータ2及び第2インバータ3の動作を制御するコントロールユニット14を備える。

【0028】更に、このモータ駆動システムでは、図1に示したウォータポンプ5及びラジエータファン7をコントロールユニット14に接続して、コントロールユ

ット14によりウォータポンプ5及びラジエータファン7を制御するように構成されている。

【0029】第1インバータ2は、直流電源11と並列接続された平滑用コンデンサ21と、コンデンサ21を介して直流電源11と接続され、3相交流方式の第1モータ12に駆動電流を供給するスイッチング素子SW1～SW6（以下、総称するときには単に「スイッチング素子SW」と呼ぶ。）とを備えて構成されている。また、第2インバータ3は、第1インバータ2と接続され、3相交流方式の第2モータ13に駆動電流を供給するスイッチング素子SW11～SW16（以下、総称するときには単に「スイッチング素子SW」と呼ぶ。）を備えて構成されている。ここで、スイッチング素子SWは、例えばIGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)等の大電力に対応した電力用半導体素子からなる。

【0030】コントロールユニット14は、直流電源11から第1インバータ2及び第2インバータ3のスイッチング素子SWに供給される直流電圧を、第1インバータ2及び第2インバータ3のスイッチング素子SWをオン、オフ駆動させることにより第1モータ12及び第2モータ13に出力して第1モータ12及び第2モータ13を駆動する。

【0031】このとき、コントロールユニット14は、スイッチング素子SW1～SW6と第1モータ12、スイッチング素子SW11～SW16と第2インバータ3とを接続する電流供給ライン上に設けられた電流検出部22、23からの検出値に基づいて、第1モータ12に供給している電流値を検出して第1モータ12のトルク、回転数を制御する。

【0032】また、コントロールユニット14は、第1インバータ2と第2インバータ3との間に配設された温度センサ4と接続され、温度センサ4からのセンサ信号に基づいて、第1インバータ2及び第2インバータ3を構成するスイッチング素子SWの接合部分温度を演算する。

【0033】更に、コントロールユニット14は、第1モータ12及び第2モータ13を駆動制御しているときに、温度センサ4からのセンサ信号に基づいた接合部分温度に基づいて、ウォータポンプ5及びラジエータファン7に制御信号を出力して駆動制御し、冷却媒体温度を制御して冷却器1の冷却能力を制御する。

【0034】更にまた、このコントロールユニット14は、ウォータポンプ5及びラジエータファン7を制御して冷却器1を制御するときに、第1インバータ2及び第2インバータ3の動作状態を考慮して、冷却器1、ウォータポンプ5、及びラジエータファン7からなる熱回路を熱モデル化した上で、第1インバータ2及び第2インバータ3の接合部分温度を演算する。

【0035】【モータ駆動システムの熱モデル】図3に、コントロールユニット14によりモータ駆動システ

ムの熱回路をモデル化した熱モデルを示す。ここで、冷却器1の冷却媒体温度を T_w とし、第1インバータ2の損失(発熱量)を P_1 とし、第2インバータ3の損失(発熱量)を P_2 とし、第1インバータ2を構成するスイッチング素子 SW の接合部分温度を T_{j1} とし、第2インバータ3を構成するスイッチング素子 SW の接合部分温度を T_{j2} とする。

【0036】また、第1インバータ2のスイッチング素子 SW 接合部分から冷却媒体までの熱抵抗を R_{j1-w} 、第2インバータ3のスイッチング素子 SW 接合部分から冷却媒体までの熱抵抗を R_{j2-w} と表現する。更に、第1インバータ2のスイッチング素子 SW 接合部分から温度センサ4までの熱抵抗を R_{j1-w} 、第2インバータ3のスイッチング素子 SW 接合部分から温度センサ4までの熱抵抗を R_{j2-w} と表現する。更にまた、温度センサ4から冷却媒体までの熱抵抗を R_{th-w} と表現する。

【0037】コントロールユニット14では、温度センサ4からのセンサ検出値 T_{th} に基づいて、第1インバータ2の損失(発熱量) P_1 及び第2インバータ3の損失(発熱量) P_2 を求め、第1インバータ2の接合部分温度 T_{j1} 及び第2インバータ3の接合部分温度 T_{j2} 、並びに冷却媒体温度 T_w を演算する。そして、コントロールユニット14では、演算して得た接合部分温度 T_{j1} 及び接合部分温度 T_{j2} 、並びに冷却媒体温度 T_w に基づいて、ウォータポンプ5、ラジエータファン7又は第1モータ12及び第2モータ13に供給する電流値を調整する。なお、このコントロールユニット14による処理の*

$$P(sat) = I_{cp} \times V_{ce}(sat) \times ((1/8) + (D/3\pi) \cos \theta) \quad \text{式(1)}$$

1)

$$P(sw) = E_{sw} \times f \times (1/\pi) \quad \text{式(2)}$$

$$P(f) = I_{cp} \times V_F \times (1/8) \quad \text{式(3)}$$

$$P(r) = (1/8) \times (I_{rr} \times V_{cc} \times t_{rr} \times f) \quad \text{式(4)}$$

ここで、出力電流が I_{cpsinx} で表現され、 E_{sw} は電圧、インバータにより決まる損失であり、 f はスイッチング周波数、 I_{rr} は逆回復電流、 t_{rr} は逆回復時間である。前記式(1)～式(4)を演算し、IGBTの定常損失 $P(sat)$ とIGBTのスイッチング損失 $P(sw)$ とを加算することによりIGBTの損失を演算し、フリーホイール・ダイオードの定常損失 $P(f)$ とフリーホイール・ダイオードのリカバリ損失 $P(r)$ とを加算することでフリーホイール・ダイオードの損失を演算する。なお、通常のインバータの動作では、IGBTの損失の方がフリーホイール・ダイオードの損失よりも大きいため、IGBTの損失のみを損失 P_1 、損失 P_2 としても良い。

【0044】ステップS3において、ステップS2で演算した第1インバータ2の損失 P_1 及び第2インバータ3の損失 P_2 を用いて図3に示した熱モデルを解くことにより、第1インバータ2の接合部分温度 T_{j1} 、第2インバータ3の接合部分温度 T_{j2} 、冷却媒体温度 T_w を演

*詳細については後述する。

【0038】[モータ駆動システムの動作] 図4に、本発明を適用したモータ駆動システムにおいて、第1インバータ2の接合部分温度 T_{j1} 及び第2インバータ3の接合部分温度 T_{j2} を調整するときのコントロールユニット14の処理手順を示す。

【0039】図4によれば、第1インバータ2及び第2インバータ3を駆動して第1モータ12及び第2モータ13を駆動しているときに、ステップS1以降の処理を開始する。

【0040】ステップS1において、第1インバータ2及び第2インバータ3が動作している状態における温度センサ4で検出したセンサ検出値 T_{th} を入力して検出し、ステップS2に処理を進める。

【0041】ステップS2において、電流検出部22、23からの電流値を検出すると共に電源電圧を検出し、第1インバータ2の損失 P_1 及び第2インバータ3の損失 P_2 を演算して、ステップS3に処理を進める。

【0042】ここで、第1インバータ2及び第2インバータ3のスイッチング素子 SW としてIGBT、フリーホイール・ダイオードを使用した場合には、IGBTの定常損失 $P(sat)$ 、IGBTのスイッチング損失 $P(sw)$ 、フリーホイール・ダイオードの定常損失 $P(f)$ 、フリーホイール・ダイオードのリカバリ損失 $P(r)$ を、下記式(1)～(4)を用いて演算する。

【0043】

算してステップS4に処理を進める。

【0045】ここで、図3に示す熱モデルにおいて、第1インバータ2での熱量を I_1 、第1インバータ2のスイッチング素子 SW 接合部分から冷却媒体までの熱抵抗 R_{j1-w} を通過した後の熱量を I_2 、温度センサ4から冷却媒体までの熱抵抗 R_{th-w} を通過した後の熱量を I_3 、第2インバータ3のスイッチング素子 SW 接合部分から冷却媒体までの熱抵抗 R_{j2-w} を通過した後の熱量を I_4 、第2インバータ3での熱量を I_5 、第1インバータ2のスイッチング素子 SW 接合部分から温度センサ4までの熱抵抗 R_{j1-th} を通過した後の熱量を I_6 、第2インバータ3のスイッチング素子 SW 接合部分から温度センサ4までの熱抵抗 R_{j2-th} を通過した後の熱量を I_7 として、下記式(5)～式(15)までの連立方程式を解くことにより、第1インバータ2の接合部分温度 T_{j1} 、第2インバータ3の接合部分温度 T_{j2} 、冷却媒体温度 T_w を得る。

【0046】

$$Tj1 = Rj1-w \times I2 \quad \text{式(5)}$$

$$P1 - (Rj1-w \times I2) = 0 \quad \text{式(6)}$$

$$I1 + I2 + I3 + I4 + I5 = 0 \quad \text{式(7)}$$

$$Tj2 = Rj2-w \times I4 \quad \text{式(8)}$$

$$P2 - (Rj2-w \times I4) = 0 \quad \text{式(9)}$$

$$Tth = Tw + I3 \times Rth-w \quad \text{式(10)}$$

$$I3 \times Rth-w - I2 \times Rj1-w + I6 \times Rj1-th = 0 \quad \text{式(11)}$$

$$I3 \times Rth-w - I4 \times Rj2-w + I7 \times Rj2-th = 0 \quad \text{式(12)}$$

$$I3 = I6 + I7 \quad \text{式(13)}$$

$$I5 = I4 + I7 \quad \text{式(14)}$$

$$I1 = I2 + I6 \quad \text{式(15)}$$

前記式(5)～式(15)において、P1、P2はステップS2で演算された値を使用し、Rj1-w、Rj1-th、Rth-w、Rj2-th、Rj2-wは冷却器1上に形成した材料に応じた既知の値であり、既知の値を用いて未知数である熱量I1、I2、I3、I4、I5、I6、I7を求めて、第1インバータ2の接合部分温度Tj1、第2インバータ3の接合部分温度Tj2、及び冷却媒体温度Twを演算する。

【0047】ステップS4において、ステップS3で演算して得た第1インバータ2の接合部分温度Tj1が所定温度値T11よりも大きいと判定したときには処理をステップS5に進めて第1モータ12に供給する電流を制限するように第1インバータ2を制御し、接合部分温度Tj1が所定温度値T11よりも大きくないと判定したときには処理をステップS6に進める。

【0048】ここで、所定温度値T11は、第1インバータ2のスイッチング素子SW接合部分温度が急激に上昇した場合に、第1インバータ2のスイッチング素子SW接合部分温度を下げるために第1モータ12に供給する電流値を制限するためのしきい値である。

【0049】ステップS6において、ステップS3で演算して得た第2インバータ3の接合部分温度Tj2が所定温度値T12よりも大きいと判定したときには処理をステップS7に進めて第2モータ13に供給する電流を制限するように第2インバータ3を制御し、接合部分温度Tj2が所定温度値T12よりも大きくないと判定したときには処理をステップS8に進める。

【0050】ここで、所定温度値T12は、第2インバータ3のスイッチング素子SW接合部分温度が急激に上昇した場合に、第2インバータ3のスイッチング素子SW接合部分温度を下げるために第2モータ13に供給する電流値を制限するためのしきい値である。

【0051】ステップS8において、ステップS3で演算して得た冷却媒体温度Twが所定温度値T13よりも大きいと判定したときには処理をステップS9に進めてウォーターポンプ5の回転数を上昇させ

る制御をして冷却媒体温度Twを所定温度値以下にし、冷却媒体温度Twが所定温度値T13よりも大きくないと判定したときには処理をステップS10に進める。

【0052】ここで、所定温度値T13は、平均して冷却媒体温度Twが高いと認めるためのしきい値であり、冷却媒体温度Twが所定温度値T13よりも大きいときにウォーターポンプ5の回転数を上昇させるように予め設定されている。

【0053】ステップS10において、ステップS3で演算して得た冷却媒体温度Twが所定温度値T14よりも大きいと判定したときには処理をステップS11に進めてラジエータファン7の回転数を上昇させる制御をして冷却媒体温度Twを所定温度値以下にし、冷却媒体温度Twが所定温度値T14よりも大きくないと判定したときには処理をステップS12に進める。

【0054】ここで、所定温度値T14は、ステップS9でウォーターポンプ5の回転数を上昇させたにも拘わらず冷却媒体温度Twが下がらず、更に車速が低い場合にラジエータファン7の回転数を上昇させるように予め設定されている。

【0055】ステップS12において、ステップS3で演算して得た冷却媒体温度Twが所定温度値T15よりも小さいと判定したときには処理をステップS13に進めてラジエータファン7の回転数を低下させる制御をして冷却媒体温度Twを所定温度値以下にし、冷却媒体温度Twが所定温度値T15よりも小さくないと判定したときには処理をステップS14に進める。

【0056】ステップS14において、ステップS3で演算して得た冷却媒体温度Twが所定温度値T16よりも小さいと判定したときには処理をステップS15に進めてウォーターポンプ5の回転数を低下させる制御をして冷却媒体温度Twを所定温度値以下にし、冷却媒体温度Twが所定温度値T16よりも小さくないと判定したときには処理を終了する。

【0057】このようなステップS1～ステップS15の処理を所定時間ごとに行うことにより、第1インバータ2の接合部分温度 T_{j1} 及び第2インバータ3の接合部分温度 T_{j2} を所定温度値を超えない制御をすると共に、冷却媒体温度 T_w を所定温度値以下に制御する。

【0058】〔実施形態の効果〕以上詳細に説明したように、モータ駆動システムによれば、構造により熱回路を熱モデル化をするので、冷却媒体温度 T_w 、接合部分温度 T_{j1} 及び接合部分温度 T_{j2} を精度良く演算することができる。すなわち、モータ駆動システムによれば、複数の第1インバータ2、第2インバータ3を有し、複数の第1インバータ2、第2インバータ3に対して単一の温度センサ4を配設した場合でも、各第1インバータ2、第2インバータ3を構成するスイッチング素子SW接合部分の温度を精度良く演算することができる。

【0059】したがって、このモータ駆動システムによれば、図5(B)に示すように、第1モータ12及び第2モータ13に電流供給を開始してスイッチング素子SW接合部分が所定温度値 T_{13} となるとウォータポンプ5をオフからオンにして駆動開始して、温度センサ4で検出した第1インバータ2及び第2インバータ3の接合部分温度に温度センサ4の誤差及び接合部分温度上昇分を加算して得たスイッチング素子SW接合部分の上限温度値を考慮して、冷却媒体温度 T_w を制御することができる。

【0060】したがって、このモータ駆動システムによれば、冷却媒体温度 T_w を高い温度とすることができるので、ウォータポンプ5の作動頻度を低減して消費電力を低減して燃費を向上させることができ、更にはウォータポンプ5が動作することによる騒音を抑制することができる。また、モータ駆動システムによれば、冷却媒体温度 T_w を高く維持することにより、ラジエータ6の熱交換効率を向上させることができ、ラジエータ6の容積を低下させることができる。

【0061】これに対し、第1インバータ2及び第2インバータ3の接合部分温度を精度良く演算することができない場合、図5(A)の比較例で示すように、接合部分温度に温度センサの誤差及び接合部分温度上昇分を大きく見積もる必要があり、冷却媒体温度 T_w を必要以上に低くする必要があり、ウォータポンプ5の動作頻度が高くなってしまふ。

【0062】また、モータ駆動システムによれば、冷却媒体温度 T_w 及びスイッチング素子SW接合部分の温度を精度良く演算することができるので、図6(A)の場合と比較して、図6(B)に示すように冷却媒体温度 T_w を高くすることができ、ラジエータファン7の作動頻度を低減することができる。したがって、このモータ駆動システムによれば、ラジエータファン7の消費電力及び騒音を低減することができる。

【0063】更に、モータ駆動システムによれば、冷却

媒体温度 T_w 及びスイッチング素子SW接合部分の温度を精度良く演算することができるので、図7(A)の場合と比較して、図7(B)に示すように冷却媒体温度 T_w を高くすることができ熱交換効率を高くすることができるので、第1モータ12又は第2モータ13に大電流を流したときの持続時間を長くすることができる。

【0064】また、このモータ駆動システムによれば、大電流を供給する持続時間を従来と同じくした場合に、スイッチング素子SWの温度上昇が早くてもスイッチング素子SWを保護することができる。すなわち、モータ駆動システムによれば、スイッチング素子SWの面積を小さくすることや、半導体チップ近傍に配設する冷却器1を含む冷却機構を簡略化することができコストを低減することができる。

【0065】なお、上述の実施の形態は本発明の一例である。このため、本発明は、上述の実施形態に限定されることはなく、この実施の形態以外であっても、本発明に係る技術的思想を逸脱しない範囲であれば、設計等に応じて種々の変更が可能であることは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したモータ駆動システムの冷却機構を主として示す構成図である。

【図2】本発明を適用したモータ駆動システムの構成を示すブロック図である。

【図3】本発明を適用したモータ駆動システムの熱回路をモデル化した回路図である。

【図4】本発明を適用したモータ駆動システムのコントロールユニットの処理手順を示すフローチャートである。

【図5】コントロールユニットによりウォータポンプを駆動するタイミングと冷却媒体温度との関係を示す図であり、(A)は比較例、(B)は実施形態の効果を説明するための図である。

【図6】コントロールユニットによりラジエータファンを駆動するタイミングと冷却媒体温度との関係を示す図であり、(A)は比較例、(B)は実施形態の効果を説明するための図である。

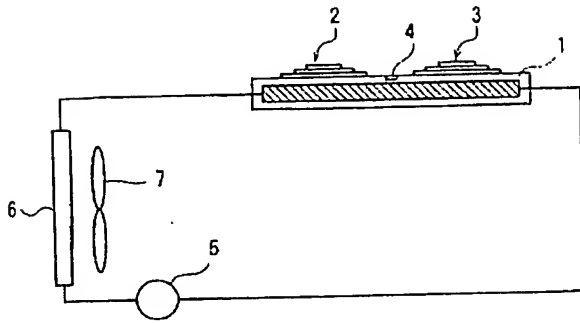
【図7】コントロールユニットによりモータを供給する電流値と冷却媒体温度との関係を示す図であり、(A)は比較例、(B)は実施形態の効果を説明するための図である。

【符号の説明】

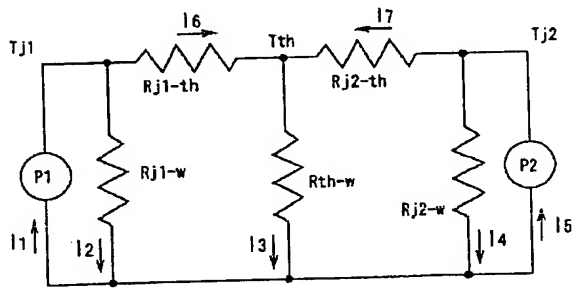
- 1 冷却器
- 2 第1インバータ
- 3 第2インバータ
- 4 温度センサ
- 5 ウォータポンプ
- 6 ラジエータ
- 7 ラジエータファン
- 11 直流電源

- 12 第1モータ
13 第2モータ
14 コントロールユニット

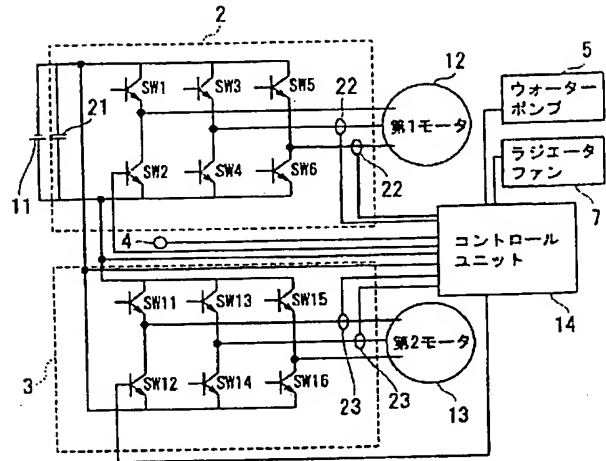
【図1】



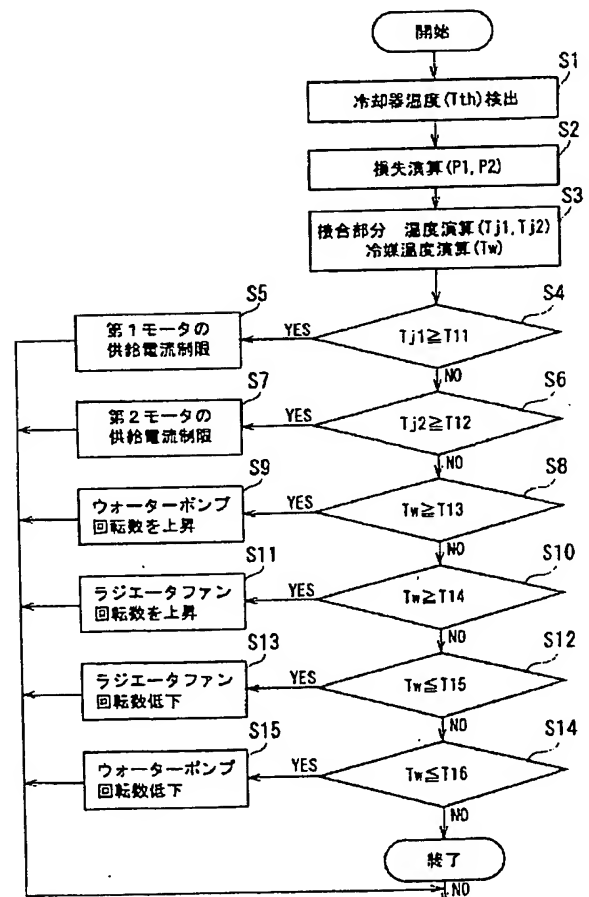
【図3】



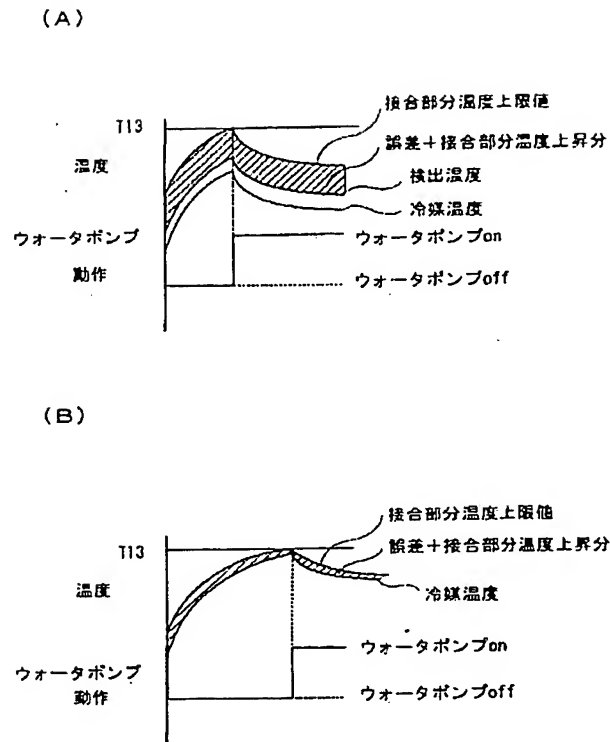
【図2】



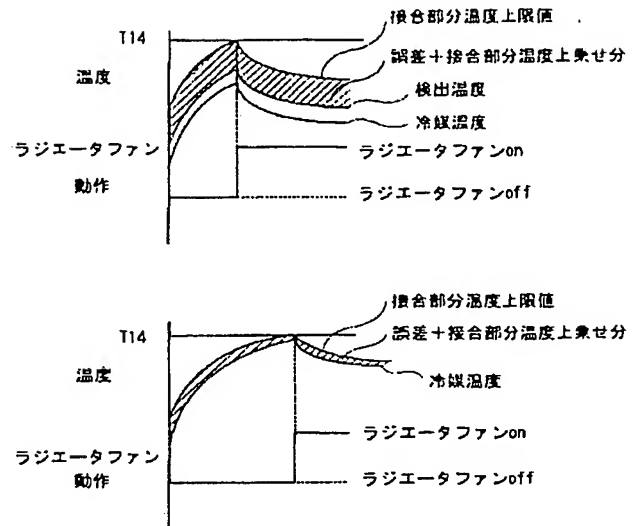
【図4】



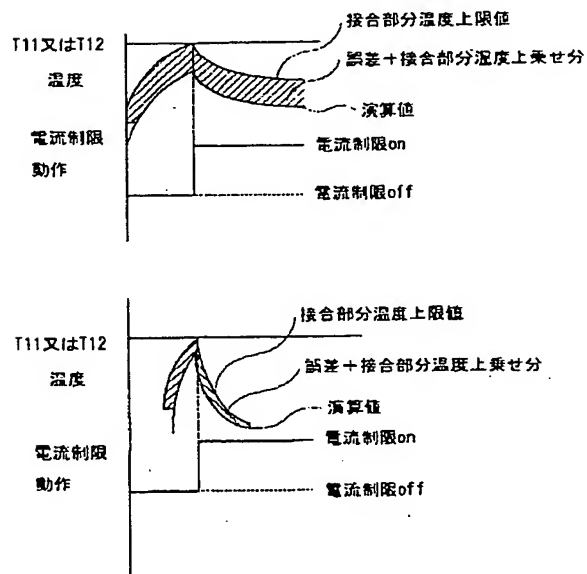
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F036 BA04 BA05 BF01 BF03 BF05
BF07
5H006 BB05 CA01 CB01 DB01 DC08
FA03 HA03 HA41
5H007 AA12 AA17 BB06 CA01 CB02
CB05 DA05 DB01 DB13 DC02
DC08 HA06
5H740 BA11 MM08 MM11 PP05